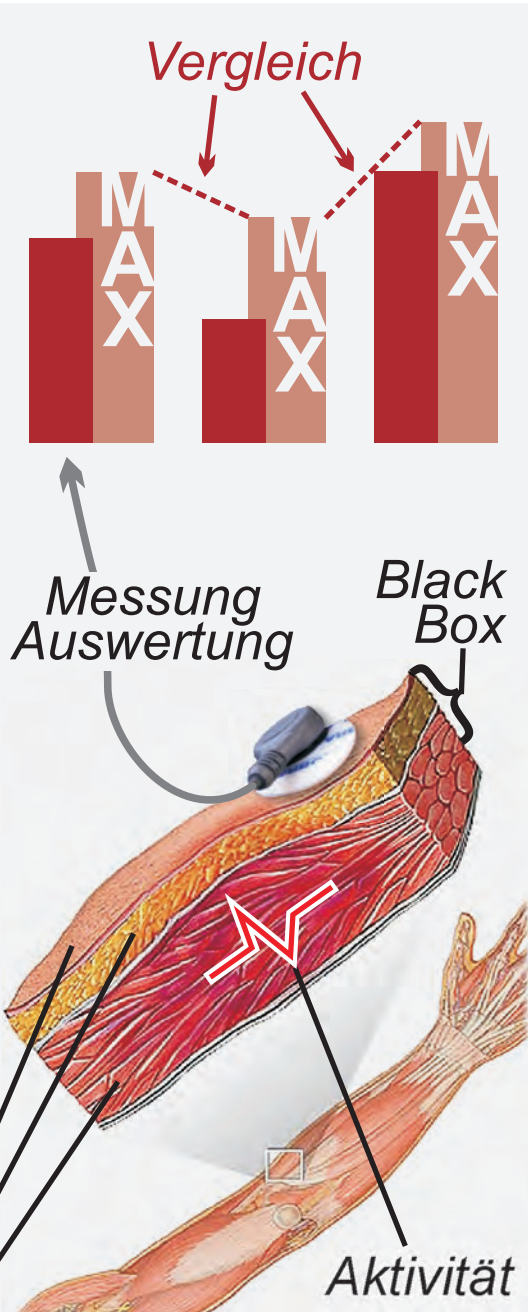


Normalized standard movement (NSM) - neu entwickeltes Normalisierungsverfahren für EMG-Messungen von Bewegungen

Jens Mühlstedt, Isabell Grundmann, Marco Conrad, Birgit Spanner-Ulmer

Motivation

Zur Messung von Muskelbeanspruchungen wird das Elektromyografie-(EMG)-Verfahren eingesetzt. Mittels auf der Haut klebender Elektroden werden Spannungen der Muskelanssteuerung gemessen. Ein Problem entsteht durch die Black Box der Elektroden-Haut-Verbindung: Weder inter- noch intraindividuell können zwei Messungen ohne Normalisierung verglichen werden. Dies wird bislang durch statische Normalisierungen gelöst. Eine willentliche Maximalkontraktion dient dabei als Vergleichsbezug. Dieses Vorgehen ist aber ungeeignet bei der Normalisierung von Bewegungen. Daher wird zur Untersuchung dynamisch-muskulärer Beanspruchungen das neue Normalisierungsverfahren NSM entwickelt.



Zusammenfassung

Das NSM-Verfahren ist methodisch an dynamische Messungen angepasst - eine Normalisierung wird mittels einer Bewegung durchgeführt. Erstmals können damit Bewegungen methodisch korrekt normalisiert werden. Je nach Bewegung werden Standardwerte für Belastungshöhe, Bewegungsbereich und Bewegungsgeschwindigkeit festgelegt. Ein weiterer Vorteil ist ein einfacheres Verständnis der damit entstehenden Ergebnisse. Die Streuung ist im Vergleich zu MVC-Messungen sowohl kraft- als auch aktivitätsbezogen erheblich geringer.

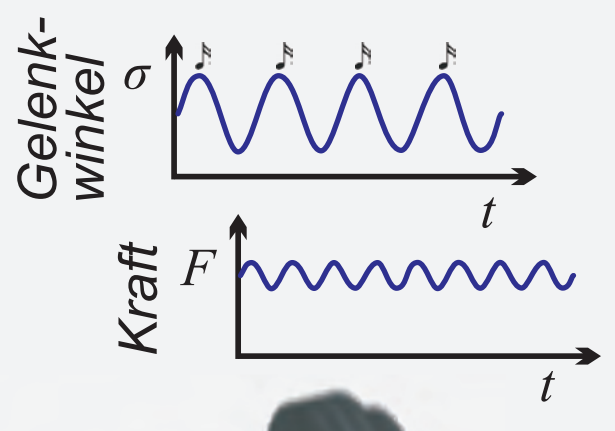
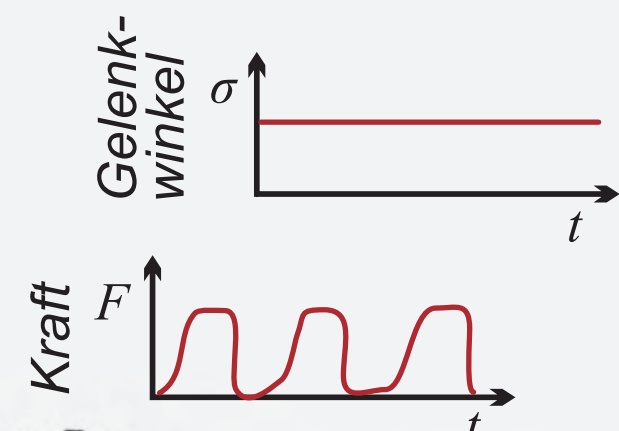
Zukünftige Arbeiten ersetzen die momentane Belastungserzeugung mittels momentinduzierender Massen. Schwungräder sollen eine Belastung in Form einer Trägheit generieren. Diese wirkt in beiden Bewegungsrichtungen gleichermaßen und beansprucht alle Muskeln deutlich.

Methode

Stand der Technik:

Maximal Voluntary Contraction (MVC)

Die gebräuchlichste Normalisierungsmethode ist die Nutzung der Maximalkraftmessung MVC. Dazu wird für jedes Gelenk eine Winkelposition definiert, in der der Proband mehrfach eine maximale Kontraktion gegen einen Widerstand für 3 bis 4 s ausführt. Währenddessen können Maximalkraft MVC und Maximalaktivität MVE gemessen werden. Viele Faktoren beeinflussen die Werte, u. a. eine Ergebnissrückkopplung oder eine Anfeuerung der Probanden. Die Streuungen reichen von 4% bis 30%.



Neu entwickeltes Verfahren:

Normalized Standard Movement (NSM)

Als NSM wird ein Ansatz bezeichnet, die spezifische Bewegung eines Körperteils als Vergleichsnorm zu nutzen. Definierte Parameter stellen die Wiederholbarkeit sicher. Die Belastung entspricht etwa typischen Montagevorgängen. Die Last wird durch ein Gewicht erzeugt, das im Gelenkdrehpunkt ein konstantes statisches Moment generiert. Die Bewegung der Probanden wird kontinuierlich mindestens 20 Mal vollzogen und ist zeit- und winkelgesteuert.

Messung

Die Messung von Maximalkraft und Normbewegung erfolgt normalerweise am Anfang jeder Versuchsserie. Um die Qualität der Normalisierung zu testen, wurde eine zweite Messung am Versuchsreihenende durchgeführt. Diese erlaubt einen Vergleich beider Messungen und damit die Ermittlung der Streuungen. Für die unten gezeigten Auswertungen zum Ellenbogen wurden 15, zum Knie 16 und zur Schulter 19 Messungen genutzt.

Elektromyografie-(EMG-)Messsystem, hier die Transmitter-Einheit; weiterhin bestehend aus einem Empfänger und einem Rechner sowie der Software Noraxon Telemyo Research XP

Berechnung

Die Variationskoeffizienten werden als Standardabweichung dividiert durch Mittelwert berechnet.

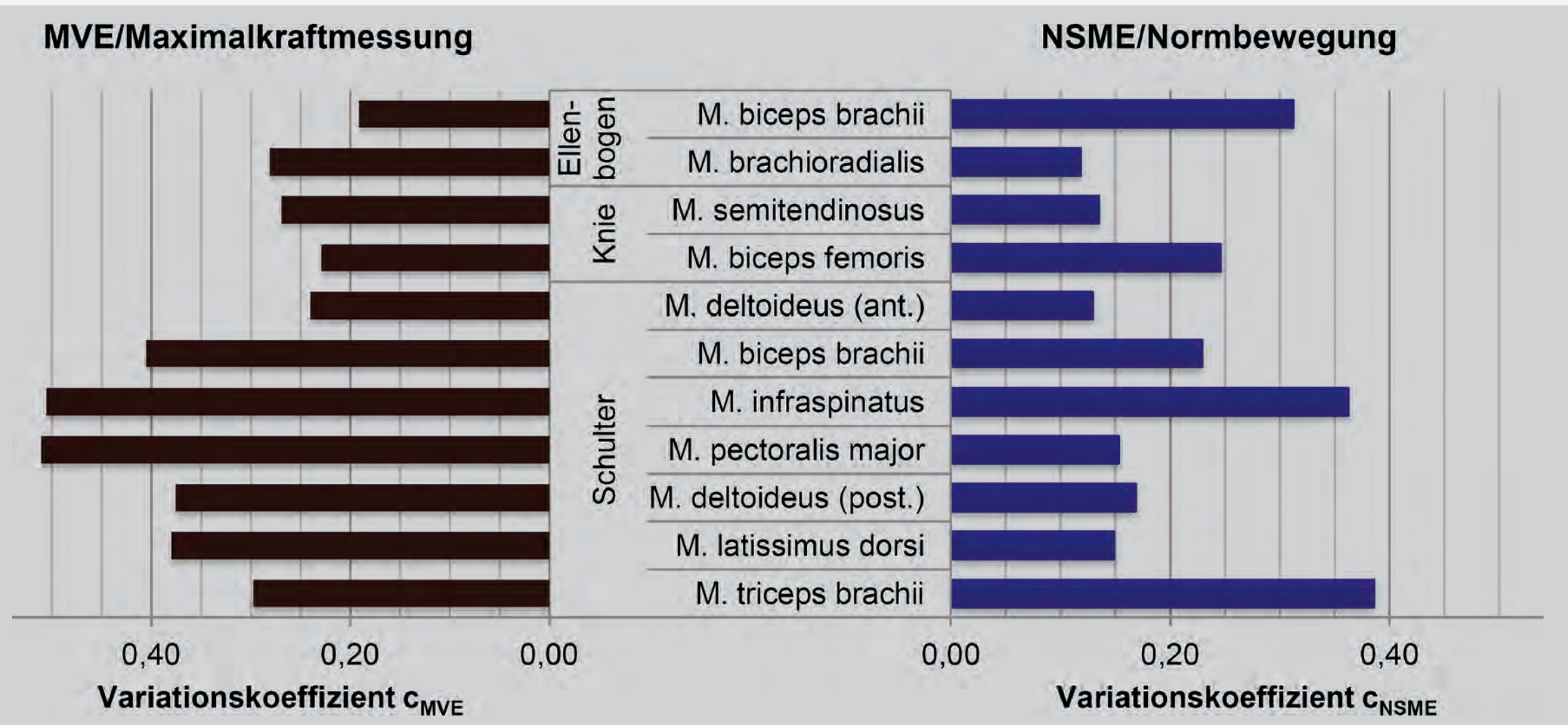
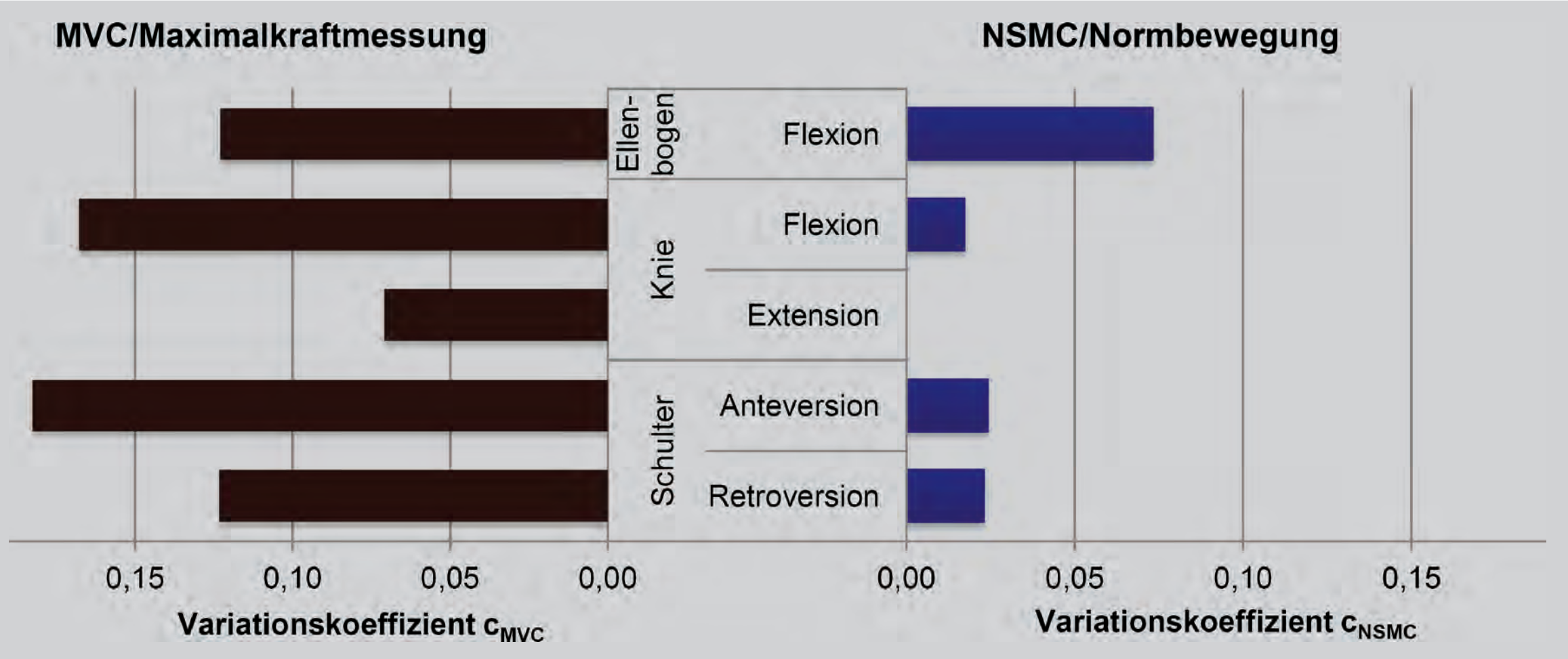
$$c_z = \frac{s_{\bar{q}}}{\bar{q}_z}$$
$$s_{\bar{q}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (q_{z,i} - \bar{q}_z)^2}$$
$$\bar{q}_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{z,i}$$

Ergebnisse

Kinetischer Vergleich (MVC und NSMC)

Die als Variationskoeffizienten ermittelten Streuungen der gemessenen Maximalkräfte (MVC) sind mit 7,0% bis 18,3% vergleichsweise gering und liegen im üblichen Bereich anderer Messungen.

Alle Variationskoeffizienten der Normbewegung (NSMC) sind mit 1,7% bis 7,3% deutlich kleiner als die Vergleichswerte der Maximalkraftmessung. Dies bestätigt die theoretisch-methodischen Vorteile der Normbewegung.



Elektromyografischer Vergleich (MVE und NSME)

Die Variationskoeffizienten der elektrischen Aktivitäten der Maximalkraftmessung liegen mit 19,1% bis 51,0% um einiges höher als beim kinetischen Vergleich. Hier ist die Schwierigkeit der Messung von Muskeln mittels Oberflächen-EMG erkennbar. Die Variationskoeffizienten der elektrischen Aktivitäten der Normbewegungen (NSME) sind mit 11,8% bis 38,6% wiederum kleiner als die Vergleichswerte der Maximalkraftmessung (MVE). Lediglich drei Variationskoeffizienten streuen ähnlich stark beziehungsweise etwas mehr. Es ist demnach festzustellen, dass die Normbewegung weniger streuende Ergebnisse liefert. Es wird empfohlen, sie zusätzlich zur Maximalkraft einzusetzen und zur Normalisierung zu nutzen.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Teil des Verbundforschungsvorhabens „System zur Bewegungssynthese für digitale Menschmodelle (eMAN)“, das mit Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen gefördert ist.



PROFESSUR
ARBEITSWISSENSCHAFT
www.tu-chemnitz.de/mb/Arbeitswiss/



Dipl.-Ing. Jens Mühlstedt arbeitet seit 2006 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Arbeitswissenschaft. Er ist als Leiter des Projektes tätig.
Tel. 0371 531-36464
jens.muehlstedt@mb.tu-chemnitz.de



Dipl.-Hdl. Isabell Grundmann ist seit 2010 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur tätig und in dem Projekt als Versuchsleiterin und zur Betreuung der Messauswertung zuständig.
Tel. 0371 531-38994
isabell.grundmann@mb.tu-chemnitz.de



Marco Conrad ist seit 2009 als technischer Mitarbeiter an der Professur tätig. Er ist in dem Projekt als Versuchsleiter tätig und für Auf- und Umbau des Versuchsstandes zuständig.
Tel. 0371 531-35126
marco.conrad@mb.tu-chemnitz.de



Prof. Dr. Birgit Spanner-Ulmer leitet die Professur Arbeitswissenschaft an der TU Chemnitz. Produkt- und Prozessgestaltung sowie Arbeitsschutz stehen im Mittelpunkt von Forschung und Lehre.
Tel. 0371 531-23210
birgit.spanner-ulmer@mb.tu-chemnitz.de



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ